

BEST AVAILABLE COPY

⑨日本国特許庁(JP)

⑪特許出願公開

⑫公開特許公報(A)

昭54—124996

⑥Int. Cl.<sup>2</sup>

H 01 F 7/22

H 01 L 39/00

識別記号

⑤日本分類

100 D 0

庁内整理番号

4532—5E

7131—5F

④公開 昭和54年(1979)9月28日

発明の数 2

審査請求 未請求

(全 5 頁)

⑭超電導導体装置およびその製造方法

①特 願 昭54—26087

②出 願 昭54(1979)3月6日

優先権主張 ③1978年3月6日③西ドイツ  
(DE)⑥P 2809573.0

⑦発 明 者 ヘルムート・マルギング

ドイツ連邦共和国ノインキルヒ  
エン・レルヒエンヴェーク8  
①出 願 人 シーメンス・アクチエンゲゼル  
シャフト  
ドイツ連邦共和国ベルリン及び  
ミュンヘン(番地なし)  
④代 理 人 弁理士 山口巖

明 細 書

1. 発明の名称 超電導導体装置およびその製造方法

2. 特許請求の範囲

1) 超電導材によつて安定化された少なくとも1つの帯状の超電導導体が超電導導体の常電導安定化材よりも高強度の材料から成るケースによつて取囲まれ、そのケースの内部空間は導体の長手方向に冷媒の供給のための中空室を有するものにおいて、前記ケースは超電導導体を取囲む曲げられた部片から成り、この部片は導体の長手方向に走行する条片領域を有し、この条片領域は超電導導体に直接接触するような輪郭に形成され、超電導導体に接触して走行する条片領域間の残りの条片領域は前記ケース内に溝状の外側凹部が形成されるように超電導導体と間隔を隔てられ、その凹部に次のような厚みを持つ充填条片、すなわち外側平面がケースの外面とともに超電導導体装置が近似的平滑外面を呈するような厚みを持つ充填条片が配設されることを特徴とする超電導導体装置。

2) 特許請求の範囲第1項記載の超電導導体装置

において、前記ケースの部片が予め成形された銅板からなることを特徴とする超電導導体装置。

3) 特許請求の範囲第1項もしくは第2項記載の超電導導体装置において、充填条片が予め成形されたケース部片と同じ材料で構成されることを特徴とする超電導導体装置。

4) 所定巾の平板が塑性成形により溝状凹部をもつ部片として成形され、かつ帯状超電導導体の周面を取囲むように閉じたケースとして形成され、その外側凹部が充填条片により充たされることを特徴とする超電導導体の製造方法。

5) 特許請求の範囲第4項記載の超電導導体の製造方法において、まず平板の絞りが行われることを特徴とする超電導導体の製造方法。

6) 特許請求の範囲第4項記載の超電導導体の製造方法において、まず平板が蛇行横断面を呈するようにロール成形されることを特徴とする超電導導体の製造方法。

7) 特許請求の範囲第4項ないし第6項のいずれかに記載の超電導導体装置の製造方法において、

予め成形された部片が完全に閉じられたケースとして当接する長手側で接合されていることを特徴とする超電導導体装置の製造方法。

8) 特許請求の範囲第7項における超電導導体装置の製造方法において、ケースの突合せ長手部分を有隙隙端もしくはろう付けによつて接合することを特徴とする超電導導体装置の製造方法。

9) 特許請求の範囲第4項ないし第8項のいずれかに記載の超電導導体装置の製造方法において、充填条片がケースの外側の溝状凹部に固定されていることを特徴とする超電導導体装置の製造方法。

10) 特許請求の範囲第9項記載の超電導導体装置の製造方法において、溝状凹部内に充填条片が圧着、固定もしくは接着によつて固定されることを特徴とする超電導導体装置の製造方法。

11) 特許請求の範囲第4項ないし第10項のいずれかに記載の超電導導体装置の製造方法において、閉じられたケースがその外側の溝状凹部内に配設された充填条片とともに絶縁体によつて取巻かれていることを特徴とする超電導導体装置の製造方

法。

12) 特許請求の範囲第11項記載の超電導導体装置の製造方法において、ケースとともに充填条片への巻付け材が絶縁材料からなることを特徴とする超電導導体装置の製造方法。

13) 特許請求の範囲第12項記載の超電導導体装置の製造方法において、前記巻付け材がガラス繊維強化樹脂からなることを特徴とする超電導導体装置の製造方法。

### 3. 発明の詳細な説明

本発明は常電導材料で安定化された少くとも1個の内側の帯状超電導導体が超電導導体の常電導安定化材よりも高い機械的剛性を有するケースによつて取囲まれ、そのケースの内部空間は導体の長手方向に冷媒を導くための中空室を有する超電導導体装置及びその製造方法に関する。

大きな空間占有率をもつて強磁界を発生するには、超電導導体からなる電磁巻線が有効である。このため導体材料としては例えばニオブージルニウム、ニオブーチタン合金ないしニオブ合金

(特許)

が適している。この超電導材料からなる導体は一般に常電導材により安定化され、例えば安定化材からなるマトリックス中に埋設されている。この手段によつて超電導材料からなる部分の超電導状態より常電導状態に転移する制御できない移行に伴う超電導導体の損傷が回避される。超電導導体が冷媒、一般に液体ヘリウムによつて導体として用いられる超電導材料のいわゆる臨界温度以下の温度に冷却される場合、ほぼ完全にその導体のオーム抵抗は0になる。このようにエネルギー損失を生じない結果、常電導材料例えば銅からなる巻線を備えた通常の電磁石よりも強磁界、高磁気密度が得られる点で考れている。かかる超電導電磁巻線は磁融合炉に適用し、その強磁界は高温のプラズマが磁束力によつて保持され、プラズマ内に核融合反応を可能にするために役立つ。さらに荷電粒子の放射の転写もしくは集束のために例えば粒子加速器にかかる超電導巻線が使用できる。

かかる超電導磁石の巻線はしばしば多層巻線として構成されねばならない。その超電導導体は

電流負荷及び磁石の巻線に依存して導体の長手方向には高い引張力を受け、導体軸に直交する向きには圧縮力を受ける。この超電導導体は超電導材料からなる部分の損傷を變形により危惧することなくこの力を吸収しなければならない。さらに導体の運動によつて生ずる機械的不安定性に抗して特別に保持されねばならない。なぜならこの不安定性は導体の加熱およびこのために生ずる常電導転移につながるからである。

かかる力を吸収しうるように、一般に帯状に形成された超電導導体を超電導導体の常電導安定化材よりも機械的強度の高い補強材からなるケースによつて取囲むようにすることが考えられる。かかる超電導導体装置はドイツ特許公開公報第2,602,734号から公知である。電磁巻線内においてかかる超電導導体装置はこれに隣接した他の超電導導体装置によつてケースを介して直接支持されている。この支持機構の場合大きな力が伝達されるがしかしながら一般に隣接するケース間に超電導導体の冷却に必要な冷媒の供給のための空間が存在した

い。又一般に超電導導体の安定化材に較べてケースの補強材の熱伝導率は小さい。それ故周知の超電導導体装置の場合ケースによつて閉じ込められた内室は本来超電導導体が配置されるが、ここに長手方向に冷媒を供給するために役立つ多数の付加的な中空室を形成する。

周知の超電導導体装置は、常電導マトリックス材料例えば銅内に個々の超電導素線が埋設された帯状超電導導体を有し、2つの互いに嵌め合わされた常電導材からなる支持部間の切欠部内に例えばマトリックス材料を配置することによつて構成されている。両支持部は本来の超電導線を閉じ込める常電導材料製枠体を構成する。更に支持部で形成された枠体内には、冷却溝として役立つ中空室が形成される。枠体に両支持部を重ねて嵌め合せ、例えば、溶接された後に両支持部は付加的に機械的剛性を高めるためにその外側に鋼板からなるケースを被せることによつて完全に覆われる。このため両支持部から形成された共通の枠体の周りに鋼板を曲げて巻き付け、長手方向に突合わさ

る長手端が溶接される。しかしながらかかる超電導導体装置の製造方法は特に支持部の必要な理由で比較的成本高くなる。

本発明の目的は閉じ込められた導体の冷却と力の吸収を可能にするように周知の超電導導体装置を改良することにある。

この目的は冒頭に述べた周知の超電導導体装置に対して、被覆が超電導導体の周りに対応して曲げられ、かつ超電導導体に直接接触する長手方向の梁部を有し、超電導導体に接する領域間を走行する梁の領域は超電導導体面と間隔を隔て、その結果ケース内に溝状外側凹部が形成されるようにし、この凹部に充填される補強条片が配置され、この補強条片の外側はケースの外側面とほぼ整合され、超電導導体装置の外側平滑面を形成するようにしたことによつて達成された。

本発明の他の構成の利点は例えば較りによつて予め所望の寸法に成形された鋼板の寸法の鋼板が用いられる点にある。この成形鋼板は2つの機能を兼備する。一つにはこの鋼板及び充填条片によ

つて被覆の機械的強度が高まり、このため大きな超電導磁石内に生じた力が超電導導体に回遊すべき変形を生じることなく、吸収されうること。第2には鋼板の特別な成形によつて付加的な構成部品を要することなく超電導導体の冷却溝が形成されること。それ故かかる超電導導体装置は比較的簡便に安価に製造しうる。

本発明による他の構成においては、充填条片が好適に成形鋼板からなる。この充填条片は圧着、溶接もしくは接着によつてケースの外側の溝状凹部内に埋設される。

超電導導体装置の冷却の際にケースを充填条片との収縮差が全く生じず、この結果充填条片とケースとの間には付加的な応力は掛らない。

本発明によるかかる超電導導体装置を製造するため、所定の巾の平板が塑性成形により溝状凹部をもつ板材として成形される。この帯状超電導導体の周閉に応じて成形された板材はケースとして閉じられ、ケースの外側の溝状凹部は充填条片によつてうずめられる。

かかる方法は特に好都合には連続的にそれ故特に安価に行われる。

以下に本発明の一実施例を図に基いて詳細に説明する。

第1図に断面で図示された金属帯2は、超電導導体の安定化のために一般に用いられる常電導金属よりもかなり高い機械的剛性を有する。それ故帯材としてはV A鋼が用いられ、金属帯2は、塑性加工方法で成形されるが、これは長手方向に走行する梁領域3を有し、帯材の梁の領域に対して強化される。適当な成形方法としては、例えば較りもしくは他のロール成形が用いられる。かかる成形工程において、帯材2には、多数の溝状凹部4が断面に亘つて成形され、この凹部は互いに長手方向に平行に延在する。この溝状凹部4の数と巾は金属帯2から製造されるケースの機械的剛性への要求度合に応じて選定される。符号5で示す沈降した帯領域は共通の平面内にあり、この平面は強化されて配置された帯材3の平面に平行に走行する。

かかる予め成形された金属体によつて本発明による超電導体構成が作り上げられる。対応する超電導体構成の実施例が第2図に断面図で示されている。この構成への電流供給のために中央の断面がほぼ矩形状を呈する超電導体7が位立ち、この超電導体7は長手方向隅が円みを帯びている。この図には詳細には図示しない超電導体は常電導材によつて安定化された超電導材料からなる導体部分を有する。例えば超電導Nb<sub>3</sub>Sn要素を埋設した銅マトリックスからなる。この超電導材は多数の安定化超電導線からなり、帯状部分に嵌め込まれる。更に図に図解で示すように例えばVA鋼(オーステナイト系ステンレス)でなる中心核8を有する。

かかる中心導体7の周りに第1図に図示した予め成形されたVA鋼(オーステナイト系ステンレス)金属帯が超電導体7を強固に取囲む構造9として曲げて取付けられている。この金属体の巾は曲げ工程の後に両材の長手側10、11を突合わせて成形できる寸法に設計する。この長手側は

互いに溶接、接合もしくはろう付けされる。金属帯の断面形状に基いて、この帯材から成形されたケース9が超電導体7の表面13に部分的にのみ接触する。このケースの接触領域は図では符号14で示されている。残りの領域15は表面13に対して間隔を置いて超電導体表面13との間にそれぞれ長手方向に延在する中空室16が生じるようになっている。この中空室16を覆して冷媒例えば液体ヘリウムが超電導体7の直接冷却のために導かれる。

ケース9内にある外側の溝状凹部17は、適当な金属条片18で充填され、その結果この充填条片の外側表面がケース9の図解する条片区域と共に超電導構成の少くともほぼ平滑外面を呈するものとなる。この充填条片18は、図には凹部17内にしか示していないが、これはケース9と同じ材料で作るのが好ましい。この充填材は凹部17内にて金属帯へ接合、圧着もしくは溶接されると好適である。このようにしてケース9は金属帯の長手側10、11において閉じられて超電導体

7を強固に取囲む構成となる。図には両長手側10、11をカバーする充填条片の中央部の溶接ワイヤー19によるケース9との溶接部しか示していないが、残りの充填条片も同様に固定することができる。溶接は例えばアルゴンガスアーク溶接によつて達成されうる。

このようにして作り上げられた超電導体構成は円い凹部とほぼ矩形状断面とを有し、一般的には図には部分的にしか示されない絶縁体20を有し、例えばこれは巻回されて設けられている。この絶縁体は例えばガラス強化樹脂からなり、場合によつては他の凹部16中で充填条片18を固定せしめることもできる。

かかる超電導体の構成によつては多数のコイルを巻回する場合、そのコイルの対向方向の軸線巻線が導体の軸線方向に作用する引張力と軸線と直角方向に作用する圧縮力を吸収することができる。

#### 4.図面の簡単な説明

第1図は予め成形された鋼板の断面図を示し、

第2図は超電導体の周りに鋼板を曲げて嵌め合わせた本発明による超電導体装置の断面図を示す。

図において、2は部片、4は溝状凹部、7は超電導体、9はケース、17は外側凹部、18は充填条片を示す。

FIG. 1 山 口 廣

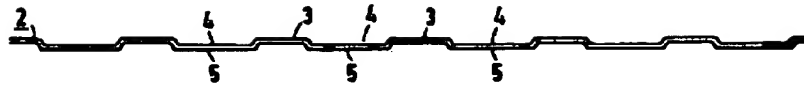


FIG1

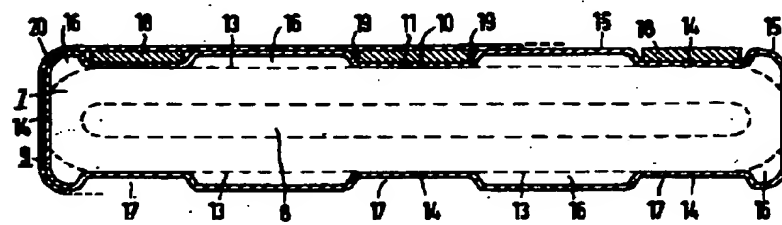


FIG2